

INSTITUTO DE CIENCIAS POLARES, AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Año: 2023



Universidad Nacional de Tierra del Fuego,
Antártida e Islas del Atlántico Sur.

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:
Petrología de Rocas Metamórficas (ICPA65)

CÓDIGO: ICPA65
AÑO DE UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS:
3 año
FECHA ULTIMA REVISIÓN DE LA ASIGNATURA:
2023-07-01
CARRERA/S: Licenciatura en Geología V1,

CARÁCTER: CUATRIMESTRAL (1ro)
TIPO: OBLIGATORIA
NIVEL: GRADO
MODALIDAD DEL DICTADO: PRESENCIAL
MODALIDAD PROMOCION DIRECTA: NO
CARGA HORARIA SEMANAL: 6 HS
CARGA HORARIA TOTAL: 96 HS

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellido	Cargo	e-mail
MÓNICA PATRICIA ESCAYOLA	Profesor Asociado Exclusivo	mescayola@untdf.edu.ar
GABRIEL MARCELO MARTIN	Profesor Jefe de Trabajos Prácticos Simple	gmmartin@untdf.edu.ar

1. FUNDAMENTACION

La Petrología es una disciplina que se encuadra dentro de las Ciencias Geológicas Básicas y sus contenidos son fundamentales en la necesidad de comprender el origen y evolución de las rocas metamórficas, y en general de la litósfera. La asignatura abarca el estudio integral de las rocas metamórficas, sus procesos petrogenéticos y los ambientes de formación. El aprendizaje de estos contenidos resulta de relevante importancia para comprender el origen, crecimiento y evolución geológica de la litósfera, desde tiempos tan antiguos como el Arqueano. Además, si tenemos en cuenta que las rocas metamórficas son, después de las rocas ígneas, las más abundantes de la litósfera con aproximadamente un 30% de representación, es fácil comprender que cualquier actividad humana se asienta sobre algún terreno metamórfico. Por ello, el estudio de las rocas metamórficas es particularmente importante para emprender cualquier desarrollo tecnológico actual y específico, con aplicaciones directas que propendan al mejoramiento general de la calidad de vida humana. De ello se desprende además, la importancia que tienen las rocas metamórficas como material de construcción y ornamental, y como depósito de minerales metálicos

Los contenidos de la materia se organizaron según modernos criterios petrogenéticos. El programa consta de clases teóricas y prácticas especialmente interrelacionadas, que buscan la participación del estudiante y propician la construcción individual y grupal del aprendizaje. Para ello se cuenta con ejemplos de rocas metamórficas en muestra de mano y en secciones delgadas, principalmente de terrenos metamórficos de bajo grado de la región. Además se dispone de bibliografía actualizada, con libros de texto y artículos de revistas nacionales e internacionales vinculadas a la materia, material didáctico en distintos formatos (fotos de campo y fotomicrografías, presentaciones gráficas tipo multimedia), y páginas web de consulta en Internet, entre otros.

2. OBJETIVOS

a) OBJETIVOS GENERALES

Se pretende que el estudiante adquiera una metodología de trabajo que le permita clasificar, diferenciar y caracterizar las rocas metamórficas y sus protolitos, y conocer los procesos que las originan. Asimismo es importante que relacione las rocas metamórficas con las estructuras de deformación y con las rocas ígneas conexas, que comprenda la ubicación de las rocas metamórficas dentro del marco de la tectónica global, que interrelacione témporo-espacialmente los terrenos metamórficos con sus coberturas sedimentarias y volcánicas, y con los cuerpos ígneos intrusivos, y que comprenda la evolución geológica general de la litósfera a través del tiempo.

De modo más general, se busca lograr en el alumno: la formación de conducta, mediante una enseñanza y aprendizaje de las rocas metamórficas centrados en el diálogo, procurando siempre una buena comunicación docente/alumno, que aprenda a pensar, analizar, cuestionar y crear el desarrollo del pensamiento que conduce a la creatividad. Que alcance un conocimiento global de las rocas metamórficas para insertarse dentro de las características señaladas en el perfil profesional que busca la UNTDF.

b) OBJETIVOS ESPECIFICOS

Se espera que luego de haber cursado y aprobado la asignatura el estudiante pueda:

- Comprender la esencia de los procesos metamórficos mediante el conocimiento de los cambios mineralógicos y estructurales que aquéllos producen en las rocas preexistentes.
- Reconocer, denominar y clasificar las rocas metamórficas por fábrica y tipo de metamorfismo.
- Identificar las facies metamórficas a través de las asociaciones minerales.
- Conocer las condiciones presión y temperatura del metamorfismo.
- Adquirir habilidades para el manejo de análisis químicos de rocas metamórficas.
- Deducir la composición del protolito de las rocas metamórficas.
- Combinar los procesos metamórficos, tectónicos y magmáticos para comprender la construcción de un orógeno.
- Conocer los principales métodos geocronológicos que se aplican para determinar la edad de los procesos metamórficos y la deformación asociada.
- Identificar y caracterizar distintas trayectorias metamórficas y combinarlas con los procesos tectónicos para conocer la evolución tectonometamórfica de la litósfera a través del tiempo.
- Conocer las utilidades más importantes de las rocas metamórficas.

3. CONDICIONES DE REGULARIDAD Y APROBACION DE LA ASIGNATURA

3. Condiciones de Regularidad y Aprobacion de la Asignatura

En cumplimiento con la Resolución N° 350/14 Reglamento General de Estudios de Pregrado y Grado, se obtiene la regularidad de la materia al cumplir con la totalidad de las siguientes instancias:

3.1. Asistencia: Se requiere para mantener la regularidad de la materia una asistencia mínima a las clases teórico-prácticas del 70%.

3.2. Regularización: se tomarán dos parciales con opción a sus respectivos recuperatorios y un seminario. Los parciales serán de carácter escrito, con un mínimo de contenidos correctos correspondientes al 60%.

3.3. Al finalizar la asignatura el alumno deberá exponer un seminario oral cuyo tema será a elección del alumno y será calificado como "aprobado" o "desaprobado".

3.4. Recuperatorios: tanto los parciales como el seminario se podrán recuperar seis días hábiles

con posterioridad a la fecha de la primera instancia de evaluación (parciales y seminarios).

3.5. Aprobación del examen final: será de carácter oral; consiste en la exposición de un tema a elección del alumno y la evaluación de temas abordados en las clases teóricas-prácticas. La nota mínima para su aprobación es 4 y un máximo de 10. Para rendir el examen final deberá haber regularizado la materia y tener aprobadas las correlativas correspondientes (tener regularizadas: Sedimentología y Geoquímica).

3.6. . Examen Libre: El examen libre para aprobar la asignatura constará de tres partes: 1) Parte práctica: resolución de ejercicios, descripción y clasificación de dos muestras de roca (macro y microscópicamente). 2) Responder a un cuestionario con temas teórico-prácticos. 3) Examen oral. Deberá haber aprobado las correlativas correspondientes (detalladas en el apartado 3.5).

4. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

4.1. CONTENIDOS MÍNIMOS

Petrología de rocas Metamórficas (96 horas)

Metamorfismo. Procesos, factores físicos, químicos y geológicos. Facies, tipos y grados metamórficos. Reconocimiento y clasificación de rocas. Asociaciones petroectónicas.

4.2. CONTENIDOS GENERALES

PROGRAMA ANALÍTICO

UNIDAD 1

Tema 1. El metamorfismo: definición. Factores que controlan el metamorfismo: temperatura, presión, fluidos, tiempo geológico. Clasificación del metamorfismo basado en: los factores que lo controlan, escala (distancia de influencia), vinculación con procesos orogénicos y asociación con los ambientes tectónicos. Características de cada tipo de metamorfismo. Límites del metamorfismo. Casos extremos: Transición entre la diagénesis y el metamorfismo incipiente: anquimetamorfismo. Metamorfismo de ultra-alta temperatura y metamorfismo de ultra-alta presión. Concepto de metamorfismo monofásico, polifásico y poli-metamorfismo. Minerales metamórficos.

Tema 2. Cambios estructurales durante el metamorfismo. Concepto de cristalización y recristalización en el metamorfismo y su manifestación en las rocas resultantes. Microestructuras originadas por cristalización metamórfica. Mecanismos del metamorfismo: activación, migración, nucleamiento, crecimiento. Microestructuras de desequilibrio: zonación, minerales relictos, bordes de reacción, coronas. Microestructuras originadas por deformación. Mecanismos de deformación intracristalina e intercristalina y sus evidencias petrográficas. Deformación dúctil, frágil/dúctil y frágil. Elementos de fábrica: planos y líneas a distintas escalas. Fábricas isótropas y anisótropas. Fábricas planares y lineales. Foliación, clivaje y esquistosidad. Morfología de las foliaciones. Mecanismos que dan origen a las foliaciones. Lineación. Relación entre cristalización y deformación: microestructuras resultantes. Porfiroblastesis. Poiquiloblastos pre, sin, inter y postcinemáticos. Rotación de los porfiroblastos.

Tema 3. Cambios mineralógicos durante el metamorfismo. Equilibrio químico en el metamorfismo. Difusión. Reacciones metamórficas homogéneas y heterogéneas; discontinuas o univariantes y continuas o divariantes. Reacciones de intercambio. Influencia de los fluidos en el equilibrio metamórfico: reacciones de desvolatilización, deshidratación, descarbonatación y óxidoreducción.

Velocidad de las reacciones metamórficas. Metamorfismo prógrado. Reversibilidad de las reacciones metamórficas: metamorfismo retrógrado.

Tema 4. Determinación de las condiciones de presión y temperatura del metamorfismo. Concepto de facies metamórfica. Principales características de las facies metamórficas. Serie de facies: P-T baja, media y alta. Quimiografía con proyecciones simples y complejas. Sistema KMFASH y sus subsistemas AFM y AKF. Proyección sobre el plano AFM.

UNIDAD 2

Tema 5. Metamorfismo regional de rocas ígneas máficas. Facies y cambios mineralógicos. Características de las reacciones metamórficas. Metamorfismo de muy bajo grado: facies de ceolita y prehnita-pumpellyita, bajo grado: facies de esquistos verdes, grado medio: facies de anfibolita, alto grado: facies de granulita. Metamorfismo de facies especiales: facies esquistos azules, facies de eclogita. Ejemplos de cada tipo de metamorfismo. Rasgos meso y microestructurales. Metamorfismo de rocas ultramáficas. Tipos litológicos, composiciones químicas. Serpentinitas.

Tema 6. Metamorfismo regional de protolitos pelíticos. Secuencia litológica y mineralogía típica. Concepto de mineral índice. Las zonas metamórficas establecidas por Barrow: zona de clorita, biotita, granate, estaurolita, cianita y sillimanita. Isograda e isograda de reacción. Metamorfismo de rocas pelíticas de bajo, medio y alto grado. Variaciones del esquema zonal Barroviano. Reacciones metamórficas y condiciones de presión y temperatura alcanzadas en cada situación. Ejemplos de cada tipo de metamorfismo. Grilla petrogenética.

Tema 7. Fusión parcial de protolitos pelíticos (anatexis). Migmatitas: genesis, nomenclatura y relaciones de campo. Restitas. Migmatitas y deformación. Generación, segregación, ascenso y emplazamiento de magmas anatéticos. Rasgos meso y micro-estructurales que confirman la presencia de un fundido.

Tema 8. Metamorfismo regional de rocas sedimentarias calcáreas. Facies, cambios mineralógicos y de fábrica; características de las reacciones metamórficas. Sistemas químicos y su representación gráfica. Importancia de la composición de la fase fluida en los cambios metamórficos. Reacciones metamórficas: reacciones de descarbonatación, deshidratación, deshidratación-descarbonatación, hidratación-descarbonatación, carbonatación-deshidratación. Ejemplos.

UNIDAD 3

Tema 9. Metamorfismo de contacto. Conceptos generales. Interacción entre el emplazamiento de cuerpos intrusivos y las rocas encajantes: el desarrollo de bordes cocidos y aureolas de contacto. Características de la aureola de contacto: temperatura, espesor. Metamorfismo de contacto en rocas pelíticas: texturas, facies. Ejemplos. Pirometamorfismo: buchitas, esmeriles. Metamorfismo de contacto en rocas calcáreas y máficas. Facies del metamorfismo de contacto progresivo. Metasomatismo. Naturaleza de los fluidos. Tipos y ambientes del metasomatismo según la naturaleza de la roca de caja. Ejemplos.

Tema 10. Metamorfismo dinámico o cataclástico. Características generales. Clasificación y relaciones de campo de las rocas originadas por metamorfismo dinámico. Zonas de cizalla dúctil, frágil-dúctil y frágil: características esenciales de cada una de ellas. Condiciones físicas de la milonitización. Estructuras y microestructuras típicas de las milonitas. Deformación de algunos minerales formadores de rocas: cuarzo, feldspatos, micas. Indicadores cinemáticos del sentido

de cizalla en muestras orientadas. Importancia de las rocas cataclásticas. Ejemplos.

UNIDAD 4

Tema 11. Ubicación del metamorfismo en el contexto de un orógeno. Relación entre metamorfismo regional y procesos tectónicos. Métodos geotermobarométricos: pseudosecciones PT, cristalinidad de la illita, geotermómetro de clorita, geobarómetro de fengita, etc. Historia presión-temperatura-deformación-tiempo (P-T-t) de cinturones orogénicos. Trayectorias horarias y antihorarias. Metamorfismo en zonas de convergencia de placas. Zonas de subducción: cinturones metamórficos. Cinturones metamórficos apareados: conceptos básicos y ejemplos. Trayectorias retrógradas de tipo Alpino y de tipo Franciscano. Trayectorias del metamorfismo en zonas de colisión continental. Trayectorias retrógradas de granulitas y eclogitas. Metamorfismo en áreas cratónicas: cinturones de rocas verdes, cinturones móviles. Ejemplos de Tierra del Fuego, península Antártica y Patagonia.

Tema 12. Metamorfismo y geocronología: nociones básicas sobre la datación radimétrica de rocas metamórficas. Selección del método geocronológico adecuado según el tipo de roca metamórfica. Dificultades en la datación de rocas de distintos orígenes. Ejemplos.

UNIDAD 5

Tema 13. Cartografía de terrenos metamórficos. Técnicas de mapeo empleadas en gabinete y laboratorio y en el campo. Prácticas de campo: localización y rotulación de muestras de rocas metamórficas para análisis mineralógico-textural, facies, geocronología y geoquímica. Muestras especiales para otros estudios (microsonda electrónica, isotopía). Técnicas de muestreo orientado para micro-tectónica. Anotaciones en la libreta de campo: qué rasgos observar en las rocas metamórficas y cómo volcarlos en la libreta (contactos; datos estructurales de foliaciones, lineaciones, esquemas, fotos). Preparación de cortes delgados.

Tema 14. Utilidad de las rocas metamórficas. Nociones básicas. Las rocas metamórficas como caja de yacimientos minerales de rendimiento económico. Piedra partida y árido en la construcción. Revestimiento y ornamentación. Gemas.

TRABAJOS PRÁCTICOS

Trabajo Práctico Nº 1. Reconocimiento de minerales típicamente metamórficos: sillimanita, andalucita, cianita, estauroлита, cordierita, glaucófano, granate.

Trabajo Práctico Nº 2: Texturas, fábricas y estructuras principales de rocas metamórficas. Texturas granoblástica, porfiroblástica, poikiloblástica. Texturas especiales. Estructuras lineales y planares. Lineación, foliación: pizarrosidad, esquistosidad, estructuras gnéissicas y migmáticas.

Trabajo Práctico Nº 3. Minerales petrogenéticos: esenciales, accesorios, secundarios. Paragénesis mineral, minerales índices. Clasificación de rocas metamórficas mediante criterios de grado metamórfico, protolito, mineralogía, estructura, fábrica y textura. Conceptos básicos utilizados en la descripción macroscópica y microscópica de rocas metamórficas.

Trabajo Práctico Nº 4. Determinación de la fábrica, asociaciones minerales y facies de rocas metamórficas que derivan de protolitos ígneos máficos. Esquisto verde, anfíbolita, granulita. Eclogita, esquisto azul. Diagrama composicional ACF.

Trabajo Práctico Nº 4b. Determinación de la fábrica y asociaciones minerales de rocas metamórficas que derivan de protolitos ígneos ultramáficos. Serpentinitas. Diagramas composicionales CSMH y MSH.

Trabajo Práctico Nº 5. Determinación de la fábrica, asociaciones minerales y facies de rocas metamórficas que derivan de protolitos pelíticos. Pizarra, filita, esquisto pelítico, gneis. Diagramas composicionales AKF y AFM. Grilla petrogenética KFMASH.

Trabajo Práctico Nº 6. Determinación de la fábrica, mineralogía, morfología y clasificación de migmatitas. Metatexitas y diatexitas.

Trabajo Práctico Nº 7. Determinación de la fábrica, asociaciones minerales y protolito de rocas metamórficas que derivan de protolitos calcáreos, calcosilicáticos y silicáticos. Equilibrio de la reacción $Ca + Qtz = Wo + CO_2$ en condiciones isoquímicas y en presencia de fluidos acuosos. Mármol, cuarcita.

Trabajo Práctico Nº 8. Determinación de la fábrica, asociaciones minerales, facies y protolito de rocas metamórficas de contacto. Hornfels, filita moteada. Ejemplo local: Plutón Ushuaia.

Trabajo Práctico Nº 9. Determinación de la fábrica, asociaciones minerales, facies y protolito de Skarns. Clasificaciones.

Trabajo Práctico Nº 10. Determinación de la fábrica, mineralogía e indicadores cinemáticos en rocas metamórficas de origen dinámico. Determinación del protolito y la facies alcanzada durante el proceso metamórfico. Cataclasita, pseudotaquilita, milonita.

Trabajo Práctico Nº 11. Aplicaciones de geotermobarometría. Cristalinidad de la illita, geotermómetro de clorita, geobarómetro de fengita, pseudosecciones PT. Trayectorias PTt.

5. RECURSOS NECESARIOS

- Proyector
- Pc
- Laboratorio Física
- Laboratorio Química

6. PROGRAMACIÓN SEMANAL

Semana	Unidad / Módulo	Descripción	Bibliografía
Semana	Unidad/Módulo	Descripción TEÓRICOS	
1	1	Introducción al metamorfismo. Definición, clasificación, factores y límites. Minerales metamórficos.	
2	1	Cambios estructurales durante el metamorfismo. Equilibrio químico y reacciones metamórficas.	
3	1	Facies metamórficas y series de facies. Diagramas composicionales. Clasificación de rocas metamórficas.	
4	2	Metamorfismo regional de rocas ígneas máficas y facies asociadas.	
5	2	Metamorfismo regional de rocas ultrabásicas. Diagramas composicionales asociados. Texturas de serpentinitas.	

6	2	Metamorfismo regional de rocas pelíticas. Zonas de Barrow. Grilla petrogenética KFMASH.	
7	2	Fusión parcial de protolitos pelíticos (anatexis). Migmatitas.	
8	1 y 2	Repaso. 1er Parcial Teórico - Práctico	
9	2 y 3	Metamorfismo regional de rocas calcosilicatadas. Metamorfismo de contacto.	
10	3	Clase especial: metamorfismo de contacto en el Plutón Ushuaia. Metasomatismo. Skarns.	
11	3	Metamorfismo dinámico. Clase especial: Metamorfismo y estructura de los Andes Fueguinos.	
12	4	Geotermobarometría. Trayectorias PTt. Geocronología del metamorfismo.	
13	5	Cartografía de terrenos metamórficos. Utilidad de rocas metamórficas como rocas de aplicación – Mineralizaciones metalíferas en rocas metamórficas	
14	1-5	Preparación Seminario.	
15	2-5	Repaso y 2do Parcial Teórico - Práctico	
16	1-5	Recuperatorio - Seminario: Ejemplo de metamorfismo en orógenos - Cierre de cursada.	
17	-	-	-
Semana	Unidad/Módulo	Descripción PRÁCTICOS	
1	TP N°1	Reconocimiento de minerales metamórficos.	
2	TP N°2	Reconocimiento de texturas, estructuras y fábricas de rocas metamórficas.	
3	TP N°3	Reacciones metamórficas. Clasificación y descripción de rocas metamórficas. Petrografía.	
4	TP N°4	Clasificación de rocas metamórficas que derivan de protolitos ígneos máficos. Petrografía.	
5	TP N°4b	Clasificación de rocas metamórficas que derivan de protolitos ígneos ultramáficos. Petrografía.	
6	TP N°5	Clasificación de rocas metamórficas que derivan de protolitos pelíticos. Petrografía.	
7	TP N°5	Clasificación de rocas metamórficas que derivan de protolitos pelíticos. Petrografía.	
8	TP 1-5	Repaso y 1er Parcial Teórico - Práctico	
9	TP N°6	Clasificación de migmatitas. Petrografía.	
10	TP N°7 y 8	Clasificación de rocas metamórficas que derivan de protolitos calcosilicatados. Clasificación de rocas afectadas por metamorfismo de contacto.	
11	TP N°8 y 9	Clasificación de rocas afectadas por metamorfismo de contacto. Clasificación de Skarns.	
12	TP N°10	Clasificación de rocas sometidas a metamorfismo dinámico.	
13	TP N°11	Geotermobarometría y trayectorias PTt	
14	TP 1-11	Preparación Seminario.	
15	TP 6-11	Repaso y 2do Parcial Teórico - Práctico	

16	TP 6-11	Recuperatorio - Seminario: Ejemplo de metamorfismo en orógenos - Cierre de cursada.	
17	-	-	-

7. BIBLIOGRAFIA DE LA ASIGNATURA

Bibliografía obligatoria

Bucher, K., & Grapes, R. 2011. Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer. (3 ejemplares en Biblioteca)

Fry, N. 1997. The field description of metamorphic rocks. John Wiley & Sons. (2 ejemplares en Biblioteca)

Mason, R. 1990. Petrology of the metamorphic rocks (No. 552.4 MAS). Unwin Hyman. (4 ejemplares en Biblioteca)

Winter, J. D. 2010. Principles of igneous and metamorphic petrology. Prentice Hall. (2 ejemplares en Biblioteca)

Bibliografía Complementaria

Acevedo, R. D. 1995. Las micas en la metamorfita Lapataia, Tierra del Fuego. Condiciones metamórficas de PT en la presencia de fengita. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 50, 237-242.

Cao, S. J., Carbonell, P. J. T., & Dimieri, L. V. 2018. Structural and petrographic constraints on the stratigraphy of the Lapataia Formation, with implications for the tectonic evolution of the Fuegian Andes. Journal of South American Earth Sciences, 84, 223-241.

Echeverri, M. A., Sierra, E. N., & Cardona, E. Z. 2011. Skarn de cobre en la mina río frío, Payandé-Tolima: aspectos mineralógicos, metalográficos y microtermométricos. Boletín de Ciencias de la Tierra, (29), 7-20.

Martínez-Abad, I., Cepedal, M. A., Arias, D., & Martín-Izard, A. 2012. El Skarn de Castro de Rey (Lugo).

Olivero, E. B., Acevedo, R. D., & Martinioni, D. R. 1997. Geología del Mesozoico de bahía Ensenada, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52(2), 169-179.

Firma del docente-investigador responsable

VISADO		
COORDINADOR DE LA CARRERA	DIRECTOR DEL INSTITUTO	SECRETARIO ACADEMICO UNTDF
Fecha :	Fecha :	

Este programa de estudio tiene una validez de hasta tres años o hasta que otro programa lo reemplace en ese periodo